

# ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN *PARTICULATE MATTER* (PM<sub>2.5</sub>) PADA PEKERJA PENGRAJIN BATU BATA DI KECAMATAN TAKTAKAN, KOTA SERANG, BANTEN, TAHUN 2018

Nadiya Nurul Huda<sup>1</sup>, Haryoto Kusnoputranto<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok, 142161

<sup>\*</sup>Corresponding Author: haryoto\_k@yahoo.com

Artikel dikirim:  
Agustus, 2018

Artikel diterima:  
Desember, 2018

Artikel dipublikasi:  
Oktober, 2020

## Abstrak

**Latar Belakang.** Pekerja pengrajin batu bata berisiko terhadap dampak kesehatan akibat pajanan Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) yang dihasilkan dari proses pembakaran dan proses pencetakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi risiko pajanan PM<sub>2.5</sub> di udara ambien pada pekerja batu bata di Kecamatan Taktakan Serang Banten. **Metode.** Penelitian ini menggunakan data primer dengan subyek penelitian sebanyak 73 pekerja dan sampel lingkungan dari 9 titik menggunakan alat Haz-dust EPAM 5000. Data disajikan secara univariat dan risiko kesehatan dihitung dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan yang menghasilkan nilai intake pajanan yang diterima individu perhari, berdasarkan konsentrasi PM<sub>2.5</sub>, pola pajanan, dan karakteristik antropometri berupa berat badan. **Hasil.** Responden pada penelitian ini memiliki nilai median berat badan 56,85 Kg, dan nilai median laju inhalasi sebesar 0,6 mg/m<sup>3</sup> lebih rendah dari nilai default EPA untuk berat badan 70 kg dan laju inhalasi 0,83 mg/m<sup>3</sup>. Nilai median waktu pajanan untuk proses pencetakan 8 jam/hari dan 18jam/hari untuk proses pembakaran. Pekerja mulai berisiko (RQ≥1) pada proses pencetakan setelah durasi pajanan 25 tahun dengan konsentrasi rata-rata sebesar 58,7 µg/m<sup>3</sup> sedangkan untuk proses pembakaran pekerja mulai ditemukan berisiko (RQ≥1) setelah durasi 20 tahun dengan konsentrasi rata-rata 418,5 µg/m<sup>3</sup>. **Simpulan.** Berdasarkan temuan tersebut maka manajemen risiko yang dapat dilakukan adalah mengurangi waktu pajanan pencetakan menjadi 7,2 jam/hari dan waktu pembakaran menjadi 13 jam/hari.

Kata Kunci: Analisis risiko kesehatan lingkungan; batu bata, PM<sub>2.5</sub>

## Abstract

Clay brick industry worker are at risk for the health effect to exposure PM<sub>2.5</sub>, resulting from combustion and forming process. This study aimed to estimate the risk of PM<sub>2.5</sub> exposure in ambient air to clay brick industry worker in Kecamatan Taktakan Serang Banten. This study used primary data of 73 worker and environment sampel was measured from 9 site with Haz dust EPAM 5000. Univariate data were present and health risk was calculated using environmental health risk assessment method that generates value of individual exposure intake per day. Exposure intake was calculated based on PM<sub>2.5</sub> concentration, individual exposure patterns, and anthropometric value for body weight. Respondent in this study have 56,85 kg median of body weight, and 0,6 m<sup>3</sup> median of inhalation rate. These are lower than EPA default value for 70 kg of body weight and 0,83 mg/m<sup>3</sup> inhalation rate. Exposure time for forming process in median is 8 hours/day and 18 hours/day for combustion process. Health risk appear (RQ≥1) in forming process after 25 years exposure time with mean concentration 58,7 µg/m<sup>3</sup> and in combustion health risk appear (RQ≥1) after 20 years exposure time with mean concentration 418,5 µg/m<sup>3</sup>. Risk management needed base on this finding is by limited worker exposure time in forming process to 7,2 hour/day and 13 hour/day in combustion process.

Keywords: Health risk assessment; clay brick, PM<sub>2.5</sub>

## Pendahuluan

Batu bata merupakan material konstruksi. Menurut Evendi, et al (2007) pada dunia konstruksi di Indonesia penggunaan batu bata sebagai elemen struktur maupun non struktur belum dapat tergantikan. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya proyek konstruksi yang memanfaatkan batu bata sebagai material dinding pada pembangunan gedung dan perumahan, pagar, saluran serta pondasi. Batu bata dalam pembuatannya menggunakan tanah lempung dengan atau tanpa campuran bahan lain lalu dicetak dengan menggunakan mesin diesel. Kemudian dibakar pada suhu yang cukup tinggi, bisa mencapai  $850^{\circ}\text{C}$  sampai  $950^{\circ}\text{C}$  (Dalkılıç & Nabikoğlu, 2017), penggunaan mesin diesel dan pembakaran pada suhu yang tinggi berpotensi terbentuknya  $\text{PM}_{2.5}$ .

Pengrajin batu bata digolongkan kedalam pekerja di sektor informal. Data BPS tahun 2013 menunjukkan bahwa sektor informal memiliki porsi sebesar 68,4 juta (60%) dari total pekerja di Indonesia. Para pekerja informal memiliki risiko kesehatan dan keselamatan yang salah satunya diperoleh dari tempat kerja dan pada umumnya para pekerja sektor informal kurang memiliki pengetahuan tentang bahaya di lingkungan kerja. Para pekerja tersebut terpapar potensi bahaya dengan kecenderungan tidak ada badan usaha ataupun pemilik yang secara langsung bertanggung jawab atas kesehatan dan keselamatan kerja (Kemenkes RI, 2016).

Pembakaran menggunakan kayu telah diketahui sebagai salah satu sumber penghasil  $\text{PM}_{2.5}$ , sebagaimana dikutip dari Esteban, et al (2017)  $\text{PM}_{2.5}$  dihasilkan dari proses pembakaran, termasuk mesin bertenaga diesel, pembangkit listrik dan pembakaran kayu. Berdasarkan ketetapan yang dikeluarkan oleh EPA (2016) mengenai *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS), bahwa terdapat 6 kriteria polutan yang paling banyak ditemukan dan berbahaya bagi manusia, yaitu *ground level ozone*, karbon monoksida, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, timbal, dan *particulate matter*. Menurut WHO (2014) yang termuat dalam Esteban, et al (2017) *Particulate matter* saat ini dianggap sebagai indikator yang paling baik untuk menggambarkan efek kesehatan pada polusi udara ambien.

Data mengenai keterkaitan  $\text{PM}_{2.5}$  dengan efek pada kesehatan manusia telah banyak dibahas dalam berbagai jurnal ilmiah internasional. Menurut Kioumourtoglou et al (2016) bahwa pajanan dari  $\text{PM}_{2.5}$  selama jangka panjang dapat menyebabkan serangkaian *outcomes* yaitu dimensia, parkinson dan alzheimer's. Berdasarkan hasil penelitian yang dil-

akukan Haberzettl, et al (2016) pajanan  $\text{PM}_{2.5}$  dalam jangka waktu pendek mampu memicu resistensi insulin vaskular dan inflamasi oleh oksidatif stress dalam paru. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya penyakit ISPA dan PPOK sebagaimana termuat dalam (EPA, 2004). Berdasarkan Riskesdas tahun 2013 didapat bahwa *periode prevalence* ISPA di Indonesia sebesar 25% tidak terlalu jauh dengan tahun 2017 yaitu sebesar 25,5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa angka kejadian ISPA di Indonesia cukup tinggi.

Kecamatan Takatakan merupakan daerah penghasil bata di Kota Serang. Pembuatan batu bata di Kecamatan Taktakan merupakan industri informal (dikelola warga) yang tidak memiliki sistem pengendalian pencemar. Berdasarkan amanat Undang-undang bahwa usaha yang termasuk dalam golongan ekonomi lemah menjadi tanggung jawab pemerintah. Pada prosesnya pengrajin batu bata melakukan pembakaran selama 2-3 hari. Berdasarkan kondisi di lapangan pembuatan batu bata tersebut dan studi ilmiah yang telah banyak dilakukan terkait dengan hubungan  $\text{PM}_{2.5}$  dengan kejadian penyakit. Oleh sebab itu perlu dilakukannya "Analisis Risiko Kesehatan Pajanan *Particulate Matter* ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Pada Pekerja Pengrajin Batu Bata di Kecamatan Taktakan Kota Serang Banten Tahun 2018".

## Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional dengan desain analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Penelitian dilakukan di pengrajin batu bata yang berada di Kecamatan Taktakan, Kota Serang, Provinsi Banten. Daerah penelitian berada pada tiga kelurahan yaitu Kelurahan Lialang, Umbul Tengah, dan Karang Anyar.

Jumlah sampel dihitung menggunakan rumus perhitungan besar sampel untuk estimasi proporsi populasi. Jumlah sampel yang didapat dengan perhitungan ini sebanyak 73 orang, dengan kriteria inklusi sudah bekerja selama satu tahun. Sampel pajanan dalam penelitian ini adalah udara ambien yang mengandung  $\text{PM}_{2.5}$  di lingkungan pengrajin batu bata di Kecamatan Taktakan Kota Serang Banten yang diambil pada saat aktivitas pembuatan batu bata berlangsung. Pengambilan jumlah sampel lingkungan sebanyak 9 titik berdasarkan keterwakilan daerah dan proses. Titik yang akan di ambil dengan masing-masing 3 titik sampel saat awal pembakaran dan pertengahan pembakaran serta 6 titik saat melakukan pencetakan.

Sampel pajanan lingkungan diambil dengan

menggunakan alat Haz-dust EPAM 5000 selama satu jam yang dilakukan oleh Petrolab Jakarta. Pola pajanan dan karakteristik responden dilakukan dengan wawancara menggunakan kuisioner. Karakteristik antropometri berupa berat badan diperoleh dengan cara pengukuran langsung di lapangan.

Data disajikan secara univariat untuk karakteristik responden dan risiko dihitung dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan berdasarkan metode Louvar (Persamaan 1). Laju inhalasi dihitung menggunakan persamaan  $y: 5,3 \ln (W_b) - 6,9$  (Abrianto, 2004 dalam Rahman, 2008). Nilai intake yang telah di dapat selanjutnya digunakan untuk melihat tingkat risiko yang dinyatakan dalam Risk Quotient (RQ) sebagai perbandingan antara nilai intake dengan dosis referensinya (persamaan 2). Nilai RfC diturunkan dari nilai NAAQS (National Ambient Air Quality Standart) yaitu  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (arithmetic mean tahunan) yang nilainya serupa dengan baku mutu udara ambien PP 41 tahun 1999. Suatu keadaan dinyatakan berisiko dan butuh manajemen pengendalian apabila  $RQ \geq 1$ .

Persamaan 1

$$CDI = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Persamaan 2

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan

$I$  = asupan (*intake*),  $\text{mg}/\text{kg}/\text{hari}$

$C$  = konsentrasi *risk agent*,  $\text{mg}/\text{M}^3$  (udara)

$R$  = laju (*rate*) asupan atau konsumsi,  $\text{m}^3/\text{hari}$  (udara)

$t_E$  = waktu pajanan harian, jam/hari

$f_E$  = frekuensi pajanan tahunan, hari/tahun

$D_t$  = durasi pajanan

$W_b$  = berat badan, kg

$t_{avg}$  = periode waktu rata-rata, 30 tahun  $\times$  365 hari/tahun (non karsinogen)

Penelitian ini sudah melalui prosedur kaji etik dan dinyatakan layak untuk dilaksanakan oleh Komisi Etik Riset dan Pengabdian Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, yang dinyatakan dalam Surat Keterangan Lolos Kaji Etik dengan nomor 399/UNF.F10/PPM.00.02/2018.

## Hasil

### Proses Produksi

Secara umum pengolahan batu bata di Kecamatan Taktakan teragi menjadi 3 tahap yaitu pencetakan, pengeringan dan pembakaran. Tahap pencetakan ini merupakan tahap awal. Tahap pencetakan ini meliputi kegiatan penggemburan tanah, pencampuran tanah dengan air dan pasir, serta tahap pencetakan dengan mesin. Pencetakan batu bata telah menggunakan alat pencetak yang bermesin diesel generator. Mesin menggunakan bahan bakar solar, untuk satu hari pencetakan umumnya pengrajin batu bata memakai 5 liter solar. Selain itu juga digunakan minyak kelapa sawit sebagai tambahan untuk memudahkan jalannya tanah dalam mesin, rata-rata penggunaan minyak sawit dalam satu hari sebanyak 1 liter. Proses pengeringan merupakan proses menjemur batu bata di bawah sinar matahari. Proses pengeringan umumnya berlangsung 7-10 hari, lamanya hari ditentukan dengan keadaan cuaca. Tahap pembakaran merupakan tahap dimana batu bata yang telah dikeringkan dibakar hingga matang. Proses pembakaran berlangsung selama 2 hari 2 malam atau sekitar 36 jam. Proses pembakaran menggunakan bahan bakar kayu. Untuk 100.000 bata yang dibakar menggunakan kayu sebanyak 10-15 truck colt diesel ukuran 14 meter kubik.

### Responden

Hasil univariat untuk karakteritik responden diperoleh bahwa pekerja laki-laki lebih banyak dibandingkan perempuan (79,5%). Tingkat pendidikan pekerja umumnya SD (64,4%) dengan rentang pendidikan SD sampai SMA. Pekerja umumnya berasal dari daerah Blora (94,5%),. Usia pekerja rata-rata adalah 35 tahun dengan rentan usia 14-70 tahun. Penghasilan rata-rata pekerja perbulan adalah Rp2.543.383. Terdapat 58,5% responden yang merokok dengan kebiasaan merokok per hari rata-rata menghabiskan 16 batang rokok.

### Konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ di lingkungan

Berdasarkan pengukuran di lapangan menggunakan EPAM 5000 konsentrasi  $\text{PM}_{2,5}$  di udara ambien di kawasan lingkungan kerja pengrajin batu bata menunjukkan nilai yang melewati baku mutu PP 41 tahun 1999 pada semua titik saat melakukan proses pembakaran dan satu titik pada proses pencetakan di daerah Lialang 1. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa proses pembakaran batu bata menghasilkan  $\text{PM}_{2,5}$  lebih besar dari proses pencetakan (Tabel 1).

Tabel 1. Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di Udara Ambien Lingkungan Kerja Pengrajin Batu Bata Saat Pencetakan dan Pembakaran

Lokasi	Proses	Konsentrasi (µg/m <sup>3</sup> )
Umbul Tengah 1	Pencetakan	24
Umbul Tengah 2	Pencetakan	27
Karang Anyar 1	Pencetakan	46
Karang Anyar 2	Pencetakan	23
Lialang 1	Pencetakan	216
Lialang 2	Pencetakan	16
Umbul Tengah	Awal pembakaran	70
Umbul Tengah	Pertengahan pembakaran	130
Karang Anyar	Awal pembakaran	1827
Karang Anyar	Pertengahan pembakaran	74
Lialang	Awal pembakaran	296
Lialang	Pertengahan pembakaran	114
Rata-rata pencetakan		58,67
Rata-rata pembakaran		418,5

### Analisis dosis respons

Penentuan dosis referensi (*RfC*) diturunkan dengan menggunakan baku mutu *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS) yaitu 15µg/m<sup>3</sup> (*arithmetic mean* tahunan). Nilai tersebut sama dengan nilai yang berada pada PP 41 Tahun 1999, namun pada peraturan ini nilai *default* faktor pemajanya tidak diketahui. Nilai *RfC* diturunkan sehingga nilai *RfC* yang digunakan dalam penentuan risiko pajanan PM<sub>2.5</sub> adalah 0,004 mg/kg/hari.

### Karakteristik antropometri dan pola pajanan

Wawancara dilakukan pada 73 orang responden pekerja pengrajin batu bata untuk mendapatkan gambaran umum karakteristik antropometri dan pola pajanan pekerja. Komponen yang diwawancara yaitu berat badan, waktu pajanan harian pencetakan dan pembakaran, frekuensi pajanan pencetakan dan pembakaran dalam setahun, dan durasi pajanan yang telah diterima oleh pekerja (Tabel 2).

Berdasarkan pengukuran berat badan dilapangan diperoleh bahwa rata-rata berat pengrajin batu bata adalah 56,85 Kg. Untuk nilai laju inhalasi, waktu pajanan pencetakan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan real time berdistribusi tidak normal sehingga nilai yang dipakai adalah nilai median. Nilai median laju inhalasi adalah 0,6 m<sup>3</sup>/jam. Nilai media waktu pencetakan sebesar 8 jam/hari, untuk frekuensi pencetakan sebesar 326 hari/tahun. Untuk frekuensi pajanan pencetakan yaitu 326 hari/tahun. Pada waktu pajanan pembakaran semua responden menjawab dengan sama yaitu 18 jam sehingga saat diolah kedalam SPSS tidak dapat memunculkan nilai standar deviasi, standar error, skewness, dan distribusi.

### Intake

Intake dihitung menggunakan persamaan Louvar, dengan memasukkan nilai pola pajanan dan karakteristik antropometri masing-masing responden. Nilai rata-rata pajanan yang digunakan adalah 30x365

Tabel 2. Karakteristik Antropometri dan Pola Pajanan Responden

Elemen	Rata-rata	Median	Min	Max	Standar Deviasi	Distribusi
Berat badan (Wb) (Kg)	56,8	55,6	41,6	84,4	7,54	Normal
Laju Inhalasi (R) (m <sup>3</sup> /jam)	0,61	0,60	0,54	0,69	0,031	Tidak normal
Waktu pajanan pencetakan (t <sub>E</sub> ) (jam/hari)	7,88	8,00	3,0	10,0	1,254	Tidak normal
Frekuensi pajanan pencetakan (f <sub>E</sub> ) (hari/tahun)	310,62	326	230	333	23,26	Tidak normal
Waktu pajanan pembakaran (t <sub>E</sub> ) (jam/hari)	18	18	18	18	-	Tidak normal
Frekuensi pajanan pembakaran (f <sub>E</sub> ) (hari/tahun)	27,72	24	24	72	10,282	Tidak normal
Durasi Pajanan real time (Dt) (tahun)	15,19	12	1	50	11,454	Tidak normal

\*)Uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov (p<0.05)

Tabel 3. Perhitungan Intake

Variabel	CDI Real Time	CDI 20 Tahun	CDI 25 Tahun	CDI 30 Tahun
<b>A.1 Pencetakan dengan menggunakan C minimum sebesar 0.016 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,0058604	0,00076957	0,00096196	0,00115435
Median	0,00043994	0,00078201	0,00097752	0,00117320
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
<b>A.2 Pencetakan dengan menggunakan C rata-rata sebesar 0,0587 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,002150	0,002823	0,003529	0,004235
Median	0,001614	0,002869	0,003586	0,004275
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
<b>A.3 Pencetakan dengan menggunakan C maksimal sebesar 0.216 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,00791156	0,01038915	0,01298644	0,01558372
Median	0,00593921	0,01055717	0,01319647	0,01583576
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
<b>B.1 Pembakaran dengan menggunakan C minimal sebesar 0.070 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,00054932	0,00068404	0,00085505	0,00102606
Median	0,000453484	0,000264171	0,00075181	0,00090217
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	
<b>B.2 Pembakaran dengan menggunakan C rata-rata sebesar 0,4185 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,003284	0,004090	0,005112	0,006134
Median	0,002694	0,003596	0,004495	0,005394
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal
<b>B.3 Pembakaran dengan menggunakan C maksimal sebesar 1,827 mg/m<sup>3</sup></b>				
Mean	0,01433726	0,01785345	0,2231681	0,2678018
Median	0,01175927	0,01569782	0,01962227	0,0235467
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal

karena tidak diidentifikasi secara khusus material yang terkandung di dalam PM<sub>2,5</sub> sehingga nilai yang digunakan adalah rata-rata pajanan non karsinogenik. Durasi pajanan menggunakan life span waktu 20,25, dan real time, pembagian life span menjadi 20,25 hal itu berdasarkan Dt rata-rata yang telah bekerja selama 15 tahun sehingga peneliti menetapkan mulai menghitung life span saat pajanan 20 tahun. Konsentrasi yang digunakan adalah konsentrasi minimal, rata-rata, dan maksimal pengukuran PM<sub>2,5</sub> di lapangan. (Tabel 3)

#### Karakteristik risiko

Perhitungan risiko dihitung dengan membandingkan nilai intake tiap-tiap responden dengan nilai dosis referensinya (*RfC*), yaitu dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan risiko didapatkan bahwa pekerja mulai berisiko pada proses pencetakan ketika sudah bekerja selama 20 tahun dengan konsentrasi rata-rata PM<sub>2,5</sub>, sedangkan untuk pekerja pada proses pembakaran mulai berisiko ketika sudah bekerja selama 20 tahun dengan konsentrasi rata-rata. Presentase responden yang berisiko disajikan pada tabel 4.

## Pembahasan

### Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di lingkungan

Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di lingkungan kerja batu bata terdapat dalam proses pencetakan dan pembakaran. Pada proses pencetakan PM<sub>2,5</sub> berasal dari solar yang digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin diesel generator pencetakan. Menurut Kagawa (2002) dalam Framkin (2010), alat diesel menjadi fokus perhatian PM<sub>2,5</sub> setelah diketahui menghasilkan partikel yang sangat halus yaitu dibawah 1 mikron. Pada proses pencetakan diketahui bahwa rata-rata menghasilkan PM<sub>2,5</sub> sebesar 58,7 µg/m<sup>3</sup>. Pada proses pencetakan nilai tertinggi diperoleh pada daerah Lialang 1 sebesar 216 µg/m<sup>3</sup> nilai tersebut jauh di atas rata-rata. Menurut Revari, Ariana, & Aguk Zuhdi (2012) emisi PM yang dikeluarkan oleh mesin diesel sangat dipengaruhi oleh keadaan motor. Selain keadaan motor hal lain yang turut mempengaruhi adalah jenis solar yang digunakan, namun dalam penelitian ini hal tersebut tidak ditanyakan. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.*, (2016) terkait dengan partikulat yang dihasilkan dari mesin diesel



Tabel 4. Nilai Estimasi Risiko Kesehatan Non-Karsinogenik pada Pekerja Pengrajin Batu Bata di Kecamatan Taktakan Tahun 2018

Variabel	RQ Real Time	RQ 20 Tahun	RQ 25 Tahun	RQ 30 Tahun
A1 .Pencetakan dengan menggunakan C minimum sebesar 0,016 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	0	0	0	0
Minimum	0,0081	0,0808	0,1009	0,1211
Maksimum	0,5921	0,2598	0,3248	0,3897
Mean	0,146510	0,192392	0,240490	0,288587
Median	0,109985	0,195503	0,244379	0,293255
Swekness	1,183	-0,6920	-0,6209	--0,6209
SD	0,1179945	0,03823328	0,0477910	0,0573492
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
A2 .Pencetakan dengan menggunakan C rata-rata sebesar 0,0587 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	11 (15,1%)	0	20 (27,4%)	47 (64,4%)
Minimum	0,0296	0,2963	0,3704	0,44444
Maksimum	2,1724	0,9532	1,1915	1,4299
Mean	0,537510	0,705837	0,882296	1,058755
Median	0,403509	0,717252	0,896565	1,075879
SD	0,4328924	0,1402667	0,1753333	0,2104000
Swekness	1,183	-0,692	-0,692	-0,692
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
A3.Pencetakan dengan menggunakan C maksimum sebesar 0,216 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	50 (68,5%)	73 (100%)	73 (100%)	73 (100%)
Minimum	0,1090	1,0903	1,3628	1,6354
Maksimum	7,9938	3,5076	4,3846	5,2615
Mean	1,977890	2,597287	3,246609	3,895931
Median	1,484801	2,639293	3,299117	3,958940
SD	1,5929261	0,5161431	0,6451789	0,7742147
Swekness	1,183	-0,692	-0,692	-0,692
Distribusi	Tidak normal	Normal	Normal	Normal
B1. Pembakaran dengan menggunakan C minimum sebesar 0,070 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	0	0	0	0
Minimum	0,0071	0,0071	0,1533	0,1840
Maksimum	0,5385	0,5314	0,5864	0,7037
Mean	0,137330	0,137330	0,213763	0,256515
Median	0,112637	0,112637	0,187953	0,225543
SD	0,1133710	0,1133710	0,825535	0,0990642
Swekness	1,447	1,447	2,907	2,907
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal
B2. Pembakaran dengan menggunakan C rata-rata sebesar 0,4185 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	19 (32,8%)	9 (15,5%)	55 (94,8%)	58 (100%)
Minimum	0,0424	0,9166	0,9166	1,1000
Maksimum	3,2196	3,5057	3,5057	3,5057
Mean	0,821038	1,277995	1,277995	1,533594
Median	0,673467	1,123689	1,123689	1,348427
SD	0,677796810	.394841592	0,4935520	0,5922624
Swekness	1,447	2,907	2,907	2,907
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal
B.3 Pembakaran dengan menggunakan C maksimum sebesar 1,827 mg/m <sup>3</sup>				
RQ ≥ 1	49 (84,5%)	58 (100%)	58 (100%)	58 (100%)
Minimum	0,1853	3,2014	4,0017	4,8020
Maksimum	14,0554	12,2437	15,3047	18,3656
Mean	3, 584315	4,463363	5,579204	6,695044
Median	2,9339818	3,924454	4,905568	5,886681
SD	2,9589839	1,7237171	2,1546463	2,5855756
Swekness	1,447	2,907	2,907	2,907
Distribusi	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal	Tidak normal

kapal diperoleh bahwa faktor yang paling berpengaruh secara signifikan terkait dengan emisi partikulat adalah jenis mesin. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa partikulat lebih banyak dihasilkan pada mesin bertenga rendah dibandingkan dengan kapal bermesin diesel tinggi. Perbedaan hasil  $PM_{2,5}$  pada penelitian dapat dipengaruhi dari jenis mesin diesel yang digunakan.

Berdasarkan pengukuran  $PM_{2,5}$  pada proses pembakaran diketahui bahwa semua titik yang diukur melebihi baku mutu lingkungan. Pada proses pembakaran dari 3 tempat yang diteliti 2 tempat menunjukkan bahwa proses awal pembakaran menghasilkan  $PM_{2,5}$  lebih tinggi dibandingkan dengan proses pertengahan pembakaran. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata sebesar  $418,50 \mu g/m^3$  dengan nilai tertinggi berada pada awal pembakaran di daerah Karang Anyar sebesar  $1827 \mu g/m^3$  dan nilai terendah sebesar  $70 \mu g/m^3$  berada pada daerah Umbul Tengah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Haerul (2014) terdapat perbedaan pada pengukuran  $PM_{2,5}$  di setiap tungku pembakaran. Pada nilai tertinggi tersebut berada pada tahap awal pembakaran, nilai  $PM_{2,5}$  yang dihasilkan dipengaruhi karena penggunaan bahan bakar berupa serbuk kayu dan ban yang lebih banyak diawal. Pada. Menurut Smith, Rogers, & Cowlin (2005) bahwa penggunaan 1 kg kayu saat dibakar menghasilkan  $26 mg/m^3$  PM. Pada penelitian ini jumlah kayu yang digunakan pada setiap pengrajin jumlahnya sama yaitu sekitar 10-15 truck colt, hasil  $PM_{2,5}$  yang berbeda dapat dipengaruhi oleh jenis kayu dan tingkat keadaan kering kayu karena suhu berbanding lurus dengan  $PM_{2,5}$ .

#### Karakteristik antropometri dan pola pajanan

Karakteristik antropometri dan pola pajanan diperlukan untuk mengetahui besarnya risiko yang diterima oleh individu. Berat badan yang terukur berkisar antara 41,6 sampai 84,4 Kg dengan rata-rata berkisar 56,85 Kg. Berat badan tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan berat badan standar US EPA yaitu 70 Kg. Nilai default berat badan untuk orang dewasa Asia berdasarkan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang dikeluarkan oleh Kemenkes RI (2012) adalah 55 kg, sehingga selisih antara nilai default dan rata-rata berat badan dalam penelitian ini adalah 1,85 Kg lebih tinggi pada penelitian ini. Laju inhalasi yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara 0,54 sampai 0,69  $m^3/jam$  dengan nilai median sebesar 0,60  $m^3/jam$ . Menggunakan median karena laju inhalasi berdistribusi tidak normal. Nilai tersebut lebih rendah daripada nilai default US EPA sebesar 0,83

$m^3/jam$ . Perbedaan nilai median pada penelitian ini dengan nilai default US EPA yaitu sebesar 27,8% lebih rendah.

Waktu pajanan rata-rata untuk proses pencetakan adalah 7,88 jam dan nilai median 8 jam (distribusi tidak normal). Frekuensi pajanan rata-rata untuk proses pencetakan 310,26 hari/tahun dan nilai median 326 (distribusi tidak normal). Jika dibandingkan dengan nilai default frekuensi pajanan US EPA untuk pajanan di lingkungan kerja adalah 250 hari/tahun, maka dalam penelitian ini melebihi nilai default. Pada Permenaker tahun 2011 menyebutkan bahwa waktu kerja adalah 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam untuk 6 hari kerja dalam satu minggu atau 8 jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu kerja pengrajin batu bata melebihi ketentuan ini. Hal ini akan meningkatkan nilai intake.

#### Analisis Intake

Dengan perhitungan intake dapat diketahui bahwa intake pada proses pembakaran bernilai besar, walaupun frekuensi pembakaran lebih kecil dari proses pencetakan yaitu 27,2 hari/tahun untuk nilai rata-rata dan 24 hari/tahun untuk nilai median. Sedangkan pada proses pencetakan frekuensi pajanan rata-rata sebesar 310,62 dengan nilai median sebesar 326. CDI pembakaran lebih besar dibandingkan dengan pencetakan karena konsentrasi  $PM_{2,5}$  di proses pembakaran lebih besar dibandingkan dengan pencetakan.

#### Karakteristik risiko

Hasil Perhitungan didapatkan bahwa pada karakteristik risiko pada pekerja pengrajin batu bata mulai berisiko pada durasi pajanan 25 tahun ketika bekerja pada proses pencetakan ketika nilai konsentrasi sebesar 0,0587  $mg/m^3$  (nilai konsentrasi rata-rata). Pada perhitungan karakteristik risiko pekerja pada proses pembakaran, pekerja mulai berisiko pada durasi pajanan 20 tahun ketika nilai konsentrasi sebesar 0,4185  $mg/m^3$  (nilai konsentrasi rata-rata). Pada proses pembakaran hanya laki-laki yang mengikuti, pada sampel yang diteliti jumlah laki-laki sebanyak 58 orang. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa pekerja laki-laki lebih berisiko terhadap dampak kesehatan akibat pajanan  $PM_{2,5}$  karena mendapat  $PM_{2,5}$  dari proses pencetakan dan proses pembakaran.

#### Manajemen Risiko

Manajemen risiko dilakukan dengan tujuan men-

gurangi besar *risk agent* hingga pada tingkat yang diperbolehkan dan mengurangi kontak individu dengan pajanan. Mengurangi besaran *risk agent* berarti mengurangi konsentrasi  $PM_{2,5}$  di udara ambien hingga mencapai konsentrasi yang aman dengan pajanan seumur hidup (life time).

Untuk mengurangi besar konsentrasi  $PM_{2,5}$  di udara dapat dilakukan dengan beberapa hal sesuai dengan *hierarchy of control* yaitu eliminasi zat yang berbahaya, mensubstitusi, engineering control, administrative, atau penggunaan alat pelindung diri (OSHA, no date), namun melihat kondisi di lapangan bahwa batu bata termasuk sektor informal sulit untuk melakukan hal tersebut. Oleh karena itu solusi yang dapat diberikan adalah untuk mengurangi waktu pajanan pekerja di tempat kerja. Tingkat risiko dinyatakan aman bila memiliki nilai tidak lebih atau sama dengan nilai (RfC).

Pada penelitian ini, meneliti memilih untuk mengambil konsentrasi rata-rata sebagai acuan untuk memberikan rekomendasi. Rekomendasi waktu pajanan harian yang aman dari risiko non karsinogenik didapatkan dari perhitungan menggunakan nilai responden, sebagai berikut :

$$t_{E \text{ aman}} = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times f_e \times D_t}$$

Dengan menggunakan

RfC	: 0,004 mg/kgxhari
Wb	: 56,85 kg
$t_{avg}$	: 30 x 365
R	: 0,60 $m^3/jam$
$f_e$	: 326 hari/tahun
$D_t$	: 30 tahun
C mean pencetakan	: 0,0587 $mg/m^3$

$$t_{E \text{ aman}} = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times f_e \times D_t}$$

= 7,2 jam/ hari

Untuk pembakaran

C mean pembakaran	: 418,5 = 0,4185 $mg/m^3$
$f_e$	: 24

$$t_{E \text{ aman}} = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times f_e \times D_t}$$

= 13 jam

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa waktu pajanan non karsinogenik untuk proses pencetakan selama 7,2 jam/hari dan untuk waktu pembakaran selama 13 jam. Dari nilai median untuk waktu pajanan pencetakan selama 8 jam dan untuk waktu

pajanan pembakaran adalah 18 jam/hari. Selain hal tersebut rekomendasi lain juga diperlukan seperti perlunya menginisiasi pos upaya kesehatan dan keselamatan kerja (UKK).

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini diperoleh bahwa pekerja pengrajin batu bata berisiko terkena dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh pajanan  $PM_{2,5}$  di tempat kerja pada proses pembakaran dan proses pencetakan. Resiko ditemukan pada durasi pajanan 25 tahun ketika bekerja pada proses pencetakan ketika nilai konsentrasi sebesar 0,0587  $mg/m^3$  (nilai konsentrasi rata-rata). Pada proses pembakaran, pekerja mulai berisiko pada durasi pajanan 20 tahun ketika nilai konsentrasi sebesar 0,4185  $mg/m^3$  (nilai konsentrasi rata-rata). Berdasarkan hal tersebut saran yang dapat diberikan adalah dengan mengurangi waktu pajanan harian saat proses pencetakan menjadi 7,2 jam/hari dan pada proses pembakaran menjadi 13 jam/hari serta menginisiasi pembentukan pos UKK (usaha kesehatan dan keselamatan kerja) untuk meningkatkan pengetahuan pekerja tentang bahaya yang ditimbulkan di lingkungan kerja

## Daftar Pustaka

- Dalkılıç, N. and Nabikoğlu, A. (2017) 'Traditional manufacturing of clay brick used in the historical buildings of Diyarbakir (Turkey)', *Journal Frontiers of Architectural*, 6(3), pp. 346–359.
- EPA (2004) *Air Quality Criteria for Particulate Matter*. Edited by National Center for Environmental Assessment in Research Triangle Park (NCEA-RTP) Scientific staff. United States Environmental Protection Agency.
- EPA (2016) *Criteria Air Pollutants*. Available at: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>.
- Esteban, J., Lerner, C., Sosa, B. S., Banda, R. and Massolo, L. (2017) 'Human health risk due to variations in  $PM_{10}$  -  $PM_{2.5}$  and associated PAHs levels', *Journal Elsevier Science Ltd.*, 160, pp. 27–35. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.04.004.
- Evendi, Z., Fadli, A. and Drastinawati (2007) 'Pembuatan Batubata dengan Penambahan Campuran Fly Ash dan Semen Tanpa Proses Pembakaran', *Jurnal Jom Fteknik Universitas Ria*, 2(2), pp. 1–5.
- Haberzettl, P., Toole, T. E. O., Bhatnagar, A. and Conklin, D. J. (2016) 'Exposure to Fine Particulate Air Pollution Causes Vascular Insulin Resistance by Inducing Pulmonary Oxidative Stress', *Environmental Health Perspective*, 1830(12), pp. 1830–1839.



- Haerul, M. (2014) 'Analisis Risiko Paparan Particulate Matter (PM 2,5) Pada Pekerja di Industri Pengolahan Batu Kapur di Desa Ciampea Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor Tahun 2013'.
- Kemkes RI (2012) *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Edited by Direktorat Jenderall PP dan PL Kementerian Kesehatan Tahun 2012. Jakarta.
- Kemkes RI (2016) *Hidupkan Pos UKK Agar Pekerja Sektor Informal Tersentuh Layanan Kesehatan Kerja*. Available at: <http://www.depkes.go.id/article/view/16110900002/hidupkan-pos-ukk-agar-pekerja-sektor-informal-tersentuh-layanan-kesehatan-kerja-.html>.
- Kioumourtzoglou, M., Schwartz, J. D., Weisskopf, M. G., Melly, S. J., Wang, Y., Dominici, F. and Zanobetti, A. (2016) 'Long-term PM2.5 Exposure and Neurological Hospital Admissions in the Northeastern United States', *Environmental Health Perspective*, 124(1), pp. 23–29.
- Ola (2014) 'Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Resiko Penyakit Akibat Kerja pada Pekerja Pembuatan Batu Bata di Kampung Gandaria RT 01 RW 02 Desa Cipayung Kec Cikarang Timur Kab Bekasi Tahun 2014', *Jurnal Ilmiah Keperawatan STIKES Medika Cikarang*.
- OSHA (no date) *Hazard Prevention and Control*. Available at: <https://www.osha.gov/shpguidelines/hazard-prevention.html>.
- Purwana, R. (2007) 'Parental Smoking as Health-Risk Factors of Indoor Air Pollution', *Kesmas: National Public Health Journal*, 16424(2), pp. 69–72.
- Rahman, A. (2007) *Public Health Assessment : Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya untuk Manajemen Risiko Kesehatan*. Depok: Pusat Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri FKM UI, Ruang G-314, FKM UI.
- Rahman, A., Hartono, B., Adi, H. K., Hermawati, E. and Setiakarnawijaya, Y. (2004) *Analisis Kualitas Lingkungan Modul KML22420*, 5th edn. Depok: Laboratorium Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat UI.
- Rahman, A., Nukman, A., Setyadi, Akib, C. R., Sofwan and Jarot (2008) 'Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pertambangan Kapur di Sukabumi, Cirebon, Tegal, Jepara, dan Tulung Agung', *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 7(1), pp. 665–667.
- Revani, R., Ariana, I. M. and Aguk Zuhdi (2012) 'Rancang Bangun Alat Pereduksi Particulate
- Smith, K. R., Rogers, J. and Cowlin, S. C. (2005) *Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: What improvements can be brought by LP Gas?* 1st edn. Paris: World LP Gas Communication SARL.
- WHO (2005a) *Air Quality Guidelines Global Update 2005*. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- WHO (2005b) *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*. Switzerland: WHO Press.
- WHO (2013) *Health effects of particulate matter*. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- WHO (2018) *Air Pollution*. Available at: [http://www.who.int/topics/air\\_pollution/en/](http://www.who.int/topics/air_pollution/en/).
- Zhang, F., Chen, Y., Tian, C., Lou, D., Li, J., Zhang, G. and Matthias, V. (2016) 'Emission factors for gaseous and particulate pollutants from offshore diesel engine vessels in China', (x), pp. 6319–6334.